近紅外光分析儀在稻米品質測定上的應用

陳 一 心
臺灣省農業試驗所嘉義農試驗分所

一、前 言

臺灣地區在民國65年(1976年)水稻生產量達 271萬公噸歷史性新記錄，部份外銷日本等國爭取外匯，後來因爲價格及中美食米外銷協定等限制因素，外銷量逐年減少，並因生活習慣變化，食品種類有多樣選擇性，因而飯量減少以致於每人每年食米消費量降至70公斤以下，稻米庫存過量造成糧政單位困擾。目前臺灣農業生產結構，面臨加入世界貿易組織，農產品市場開放自由競爭條件下，需要作全盤性調整。在糧食作物方面，尤其是主要項目水稻的生產政策必需重新修訂，而在生產技術方面更需要昇級再上一層樓以對應新的大環境的壓力。

米食文化日漸式微，西方飲食大量充斥下，如何滿足消費者對良質美味的米飯的需要，來提升國人年消費量，增進國產米競爭能力，在這種情況下，當然不是讓國人僅吃得飽而已，目前最大壓力瓶頸就是在如何轉變爲吃得好，在能吃得好又能吃得巧以及多樣化的米食選擇的時代來臨。因此區隔品質與價位的作法必需逐漸形成，透過檢驗進行稻米品質分等分級，以客觀檢驗標準，公平、公正、公開的基本原則，以及產品標示內容清楚明白等方式，使消費者選購時可以確認稻米商品價值，對品質間隔的方式能夠認同而有信心，如此食米包裝上所標示涵蓋項目除了外觀品質、等級，食味官能評分數值外，加上米粒化學成分測定數值與物理特性值等類別的多數品質項目表達的話，既符合實際又不作假，必定能迎得消費者信賴，確保消費者利益。

影響稻米品質因素極多，舉凡品種、氣候環境、栽培管理、調製加工過程等都能影響品質的表現。臺灣米的消費形態以米飯佔絕大部份，米飯食味受到米粒組織結構以及米粒內所含各項成分量的多寡而變化；判定米飯食味最直接方式就是品評人員的官能感覺與需求來區別，雖然較難擬定客觀基準，但是只要能滿足品評人員需求就是好品質爲其基本原則。既然品質是項極爲複雜的各項因素的綜合表現，因而爲了品評食味，所施行品質構成要素的評定步驟或是對其物理化學特性分析檢驗的過程是相當繁瑣。例如米飯食味品評工作，是利用品評人員五官感覺中除了聽覺之外的視覺、味覺、嗅覺及觸覺四項目，依照既定品評方法進行米飯滋味良劣的區別，這些評定結果非依賴機器表達而是人類直接反映口感。雖然品評人員的素質訓練與性別、年齡以及其消費習性與嗜好，甚至所採用統計推估方法等項，將會影響這種概括式綜合評價結論，以及它所能涵蓋判別品質好壞所具客觀代表性，但是至目前爲止，表達米飯食味的方式中最常被採用的一種。

構成米粒外觀品質，除粒的色澤、光澤、透明度也就是心白、腹白、背白等視覺項目外，它整批米粒形狀整齊粒大小一致與否，有相當關係。米粒結合水分含量多寡可決定米粒軟硬

程度，其程度上差別可分爲軟質米、硬質米兩大類；米粒充實程度可藉著「容積重」的測定來表示，充實良好的糙米粒每公升重量超過800 公克。糙米外觀品質可籍檢驗過程所調查項目綜合決定其等級，調查項目有①完整米粒比率②被害粒③未熟粒④死米等四大項，被害粒指米粒發育過程遭到爲害，依其發生原因或發生被害部位可分爲畸形粒、發芽粒、黃銹米、病害粒、蟲害粒以及胴裂粒等種類。

我們了解構成米的品質有糙米外觀、米飯食味、營養化學成分以及入口品質等項決定要素。至於入口品質也就是說人類的觸覺所能感受到米飯組成質地上，我們表達它的好壞差距時，常利用儀器測定米飯質地的各項影響物理特性，例如米飯的凝集性、付著性、彈力性、粘性、以及硬度與平衡性等物理特性項目。最近日本開發了新儀器可以測定米飯粒外層覆水膜的厚薄以及光澤，來表示其米飯入口品質。

至於化學成分項目中包含有澱粉構成物質直鏈性澱粉 (amylose)與支鏈性澱粉(amylopectine)比例、蛋白質、脂肪、灰分及無機鹽類如鉀 (K)、錳(Mn)、鈣(Ca)、鎂(Mg)等項元素含量，皆能左右食味表現，有不等程度的影響。例如直鏈性澱粉含量多寡影響米飯食味品評口感，當它含量超過25％時，臺灣地區消費習性認爲品質不佳，因爲它的飯粒粗糙、缺乏黏性、彈性較差口感不良。一般蛋白質含量 5～6 ％較低時，對米飯入口品質有正面效果。

米飯一般利用習慣以白米形態爲多，糙米剔除糊粉層與胚之後，剩下精白胚乳也就是白米供作食用，胚乳組織中細胞層次與細胞排列緊密程度會影響米飯吸水量及米飯質地特性。胚乳細胞內充滿澱粉顆粒，澱粉顆粒組成有澱粉、蛋白質、少量脂肪等成分項目，其顆粒爲直徑 7至25 μ m 大小，形狀爲球形或橢圓形，結構上再由直徑 4至 6 μ m 的小顆粒20至60個集聚而構成也就是複粒化。澱粉顆粒吸水加熱後開始膨脹，高糊化溫度的米煮飯時間較長吸水量多，一般米飯以中等或較低糊化溫度在臺灣較受歡迎。

米粒中直鏈性澱粉含量與米飯熱糊化性有關，也就是食味品評時粘度、硬度有關密切關係，許多報告指出直鏈性澱粉含量與粘度呈正相關與硬度及綜合評價呈顯著負相關。因此左右食味好壞最主要成分可說是直鏈性澱粉了。

二、近紅外光分析儀在稻米品質分析之應用

米粒中直鏈性澱粉含量、蛋白質、脂肪、灰份等項化學成分之定量分析工作，若是採用傳統式化學實驗室分析方法，雖然所得定量數據準確性程度較高，但是相對地實驗室工作需要熟練的分析技術人員，器具必需齊備，測定時間或是反應操作過程相當長時等項，使得效率不高而費時，無法滿足某些特定需要。譬如大量育種材料在一定時間內需齊備它的品質有關特性資料時，利用化學分析定量方法將緩不應急。在日本，進行小包裝米調製混合(blending)過程時，爲了掌握所販售商品價格與品質，多數利用近紅外光分析儀來獲得該批材料基礎米質成分項之資訊，因此進行精白調製時，這批糙米的各項化學成分含量值，在短時間內欲獲得結果以及每次測定樣本數目相當多，在這種狀況下，傳統式分析方法無法應付，因此，近紅外光分析儀所提供的功能，能夠有效幫助精米流程的品管工作，各原料桶中不同產地品種的糙米品質特性充分掌握之後，可以迅速決定調配過程中各原料桶進料比例及其流速與總流量，因而它能夠長期供應固定食味水準的產品，供消費者購買，其穩定可靠食味之白米，

不會讓消費者對其產品之食味評價有時好時壞的情形。

因此近紅外光分析方法，被廣泛應用在食品成分檢測工作，改善了傳統化學分析費時費力缺點，並可以一次完成多項成分含量測定，時間短而且測定樣品可再重複利用於其他特性分析。所以這種迅速、微量、正確、省力而能穩定，並且提供有普遍性、客觀性的米品質相關化學或是部份物理特性測定結果頗受注目。因而，無論是在良質米品種研發工作或是食米精白加工業方面等不同層面上，近紅外光分析方法它提供了嶄新方式，對食味評估方面是項新嚐試，這項分析方法有其不可忽視地位。

1.分析原理簡介

這一種分析技術，屬於非破壞性檢驗法中的一種方式，它廣泛被應用於食品爲對象的測定工作，它可以估測食品內部所含成分物質，而它的測定基本原理是利用檢驗對象物接受某種能源後，以檢測器來調查分析，當它所受到的能量多寡及這個測定對象物當輸入能源之後的各項表現情形，並組合它被照射後所輸出能源量等項，由這種因果關係而瞭解此物質之品質有關特性成分含量。這種非破壞檢測大致分爲①光學②電磁學③力學④放射線等類，利用光學的分光法，在近紅外光域內的各特定波長光線，照射對象物後，產生吸收、透過、反射、擴散等物理現象，因爲物質成分量與質的特性，表現出不同程度量的吸收、反射，配合吸收強度等光譜分析之後，運用計算公式，可反映及推測食品的組成構造訊息。

近紅外光域介於可視光與紅外光之間，一般指 800至2500nm之間波長，其上下限並不明顯，近紅外光域波長1200至2400nm之間，常用來照射到食品後，因所照射光提供能量，造成被照射物質的各項化學組成分的不同官能基(function group)，產生分子內各原子的基準振動，因其伸縮振動角度與方向的差異，可以分成爲對稱伸縮振動、逆對稱伸縮振動以及變角振動等種類，經由這些振動而產生特定波長光譜吸收現象，例如2100nm波長有碳水化合物吸收光譜特徵，蛋白質在2180nm，脂質在2310nm處有近紅外光譜呈現，當特定波長光，它的吸收強度愈大時其吸光度値愈大，利用化學組成分特有官能基在不同吸光帶上所呈現不同程度吸光值作爲成分含量估測推算之依據。

2.應用範例

A.臺灣省農業試驗所嘉義農試驗分所運用情形

民國81年起利用Bran + Lubbe公司製造 NIR 450型近紅外光分析儀，測定臺灣所生產稻米成分，檢討它的應用可行性。預定三年的各項相關試驗進行與有關資料蒐集完成後，擬開發適合臺灣人民消費習性的食味評估模式，進一步提供給設計專用稻米食味評估儀器時參採，並配合本分所水稻良質品種研發工作需要及碾米廠精白調製時品管上使用。

該機器光學系統設計，組合19片濾光片成爲光束輪(light filter wheel)及積分球形感應器(Integrating spherical detector)，在球內側面左右兩側各置有一片硫化鉛波長感應裝置，來測定透過試樣後的穿透(penestrate)、反射與擴散光(reflectance and diffuse light)的量，其光學系統模式圖示於圖 1。這個儀器機体上有簡易操作觸控面板(Touch sensitive panel) 具有可程式控制操作之記憶

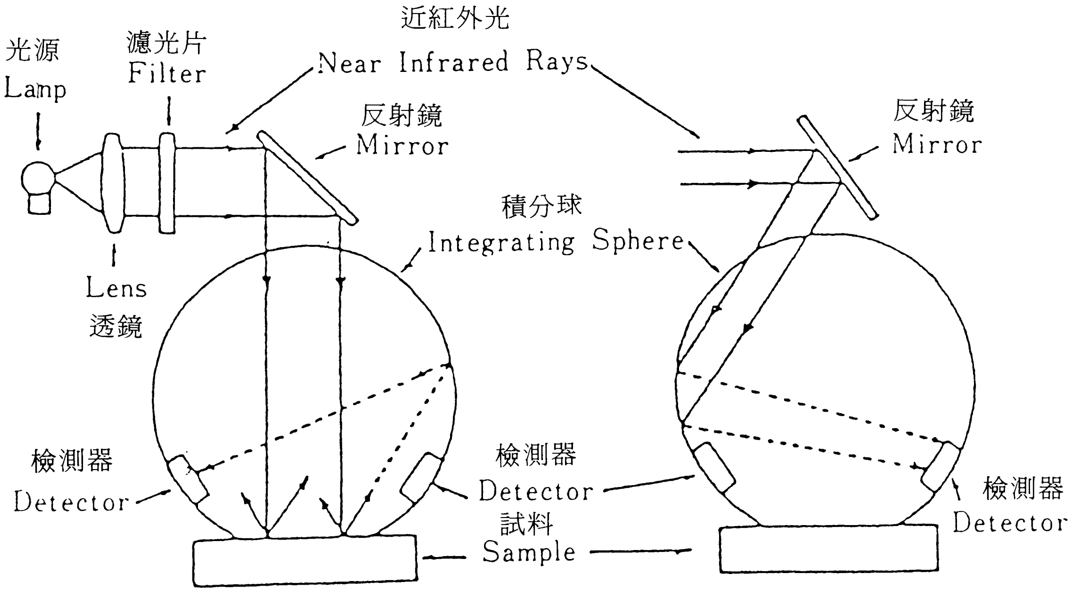

圖1. 近紅外光分析儀的光學系統模式圖

体，本身可以離線狀態(off line condition)單獨使用進行各項成分測定工作，除了離線狀態外，亦可與個人電腦連線(on line)，利用己建制資料分析軟体程式集(Infralyzer Data Analysis Software, IDAS)協助，進行試料吸光度測定值蒐集建檔，利用吸光度經過統計分析步驟，進行成分含量估測工作。其選擇功能巨集中有光譜分析(Spectea analysis)，適當樣品挑選(pick)，判別分析 (Discrimination analysis) 等項，進行成分含量推估所需檢量線(Calibrat-ion equaion)工作，利用檢量線適當波長組合找尋(Wavelength Combination Search) 與設定(Set up) 功能，建立理想檢量線應用，日後應用時依此檢量線功能可估測各項成分含量；資料建檔、修改及各種統計方法的支援提供，讓使用者有更大空間應用。

我們進行工作的方式，先運用近紅外光分析儀專用軟体IDAS的pick程式，挑選出預定分析供試樣品材料，逢機將入選樣品分為兩類，第一類供作建立各項成分檢量線用，樣品經過照射後，可蒐集到它的吸光度之後，對各項成分吸光帶之吸收强弱大小變異範圍有所了解，對所應用樣本材料性質以能涵蓋日後指定分析樣本變異範圍為理想目標，也就是說測定對象的最高、中間、最低含量能被包羅在內。照射光後建立第一類樣本的吸光值檔案，以供各成分項所需用的含量檢量線(Calibration equation)建立之用，此檢量線為多變數複迴歸一次方程式，將所挑選各波長吸光值的自然對數取倒數值為自變數(dependant Variable)，各項成分含量為依變數(Independant Variable)，所形成迴歸方程式。另外，在實驗室化學分析檢測各項成分含量時，重複二次，若二次重複值差異較大時，再分析一次，以作捨取。第二類樣本經過分析後將其已知化學定量數值輸入，並利用所建立檢量線進行第二類樣品群的含量估測，比較估測值與化學分析數值，檢討其檢量線

的複迴歸及複相關係數(又稱決定係數，R^2)，依據估測準確程度(Estimate precision, E.P.)及估値標準誤差(Standard Error, SSE) 之兩統計値，作爲檢量線不同波長的完全組合種類的檢討，經過波長組合選擇(Combination selection) 完成應用檢量線的方程式決定工作。本分所在 1994 年已完成直鏈性澱粉、蛋白質、灰分等三項化學成分含量檢量線建立工作，估測直鏈性澱粉含量，利用1445、 1680、1818、2100、2139、2230nm等六個波長時，其決定係數達0.878，估値標準誤差 (SSE)爲2.593，估測準確性(E.P.)爲0.77，與蛋白質的 R^2 爲0.991，SEE 爲 0.166以及E.P.值爲 0.092這些數據比較，準確程度稍遜色，應用性較差有改善其準確性必要，在直鏈性澱粉含量的估測值，有數個樣本較化學分析值高過 3%，但是多數試樣檢測結果在可以接受程度。蛋白質含量推測若用四個波長 R^2 達 0.94，若增加至 6波長時 R^2 可以成爲 0.991 ，其估測值與化學分析值差距不超過 0.5%，已能實用化，灰分應用六個波長時，R即可達 0.978，與七個波長之估測誤差值僅0.01，顯示灰分檢量線應用六個波長即可。

B. 日本近紅外光分析技術運用現況

日本有關稻米品質研究陣容有完整架構，產官學界一体，在各大學內從事基礎理論研究與開發，國立食品總合研究所內有食品理化學部門從事食品物性、脂質、蛋白質、碳水化合物等項研究，分析評價部門有品質情報解析、狀態分析及非破壞評價等研究項目，將這些研發成果與技術轉移至民間企業。10年前開始已將紅外光分析原理擴展至食米食味評價裝置，簡稱它爲食味計。這個食味計的設計理念，主要著眼於它具有高效率的數值化數據來表達食米品質。日本精米工業協會對食味計的觀點中，提及食米在精白過程，若欲工廠成立食味官能品評團來評估檢定米飯食味是項煩瑣事情，因而1987年開始陸續有佐竹製作所推出TBIA型汎用食味計，NIREKO公司的6250 HON型米食味計，靜岡製機公司的RA-610型食味分析計等三種廠牌，採用近紅外光反射法的測光原理所開發機型。另有山本製作公司及TREBOR公司利用透過法的測光原理的不同類型機種。若應用反射法測定時，所需要的材料量爲20公克至40公克精白米粉体，而透過法不需粉碎直接可利用糙米或精白米形態測定。食味計內裝的近紅外光波長域1100至2500nm，各廠牌所利用特定波長未對外公開，其濾片組以10片來發生波長爲多。日本精米協會利用上述機種作性能比較後，針對食味計的成分估測值與化學分析法所得化學項目成分值對比之後，認爲除了amylose 的測定值之外，蛋白質、脂肪酸度等二項並無顯著變異性表現。

根據1995年11月26日日本農業新聞，以測定米品質的食味計之普及化爲題的專欄報導所介紹，以往一台食味計需要 1千萬圓日幣，1994年11月Kett公司推出AN 800成分分析計，以 195萬圓價格販賣開始，1995年 7月東洋精米機製作所推出原本需要 1千 4百萬圓之機種之外，新推出味度計量機，一台僅需 197萬圓的低價格機種。佐竹製作所除原先泛用型機種外，再推出SIR10A 型小型的炊飯食味計，價格在 3百萬日幣，不再以粉体爲測定對象，改採用米粒形態材料，不需經過粉碎成爲粉体之後再測定，它兼有Neuro fuzzy 的性能。靜岡製機公司一向採用透過型全粒形態並不粉碎成粉体，該公司陸續推出GS-1000J型成分分析計及95年推出 GS-2000型食味分析計，它的測定項目與一般食味計類似，有食味值(eating score)表示之外，GS-2000 型增添老化性這項目，值得注目。

三、結　語

近紅外光分析技術在食米品質成分分析上已達實用化，日本多家廠商推出食味計在試驗研究單位研發工作，農會大型精米工廠品管以及農家在運用栽培管理技術來改品質的成果檢討上應用。臺灣因爲有自已的口味差異及消費習性與產銷形態等問題的差別，導入日本食味計直接立即應用，也許有些問題；因而未來我們可朝向模仿日本研究食味計的編組架構体系，經過數年的相關資料調查與收集之後，開發適合我國需要的品質檢測用食味計，其所應用之食味評估方程式，必需符合我國特性需求。未來，這類的儀器可供作我們進行稻米品種改良研究，以及中大型米廠調製優良品質產品時在品管上應用。

誌　謝

本分所近紅外光分析技術研發工作所需經費，承蒙行政院農業委員會補助，研究工作得以順利進行，深表謝忱。工作進行多蒙本分所助理吳永培先生及多位同仁協助材料栽培管理、收穫調製以及化學成分項目定量分析等工作，在此深深感謝。

參考文獻

日本農業新聞 (1995) 10月26日。

陳一心 (1995) 近紅外光分析儀在省產稻米成分分析應用現況、穀物非破壞性檢驗。稻米加工自動化專輯第二冊。農委會稻米加工自動化技術服務團編印。台大農機系出版。P.67-70。

陳一心譯 (1995) 日本應用非破壞性品質檢驗技術在稻米研究之現況、穀物非破壞性檢驗。稻米加工自動化專輯第二冊。農委會稻米加工自動化技術服務團編印。台大農機系出版。P.1-20。